

# 지하역사 승강장 열환경 개선을 위한 연구 (제1보: 승강장 열환경 현황 및 실측결과)

\*김 회 룰, \*\*김 동 규, \*\*금 종 수†, \*\*\*정 용 현, \*\*\*\*김종열, \*\*\*\*\*박 성 출  
부경대학교 대학원\*, 부경대학교 기계공학부\*\*, 부경대학교 생태공학과\*\*\*,  
동명대학교 냉동공조과\*\*\*\*, 부산광역시\*\*\*\*\*

## The study for thermal environment improvement at subway station platform (Part 1: Thermal environment status and actual survey results)

Hoe-Ryul Kim\*, Dong-Gyu Kim\*\*, Jong-Soo Kum†\*\*,  
Yong-Hyun Jung\*\*\*, Jong-Ryel Kim\*\*\*\*, Sung-Chul Park\*\*\*\*\*

\*Graduate School of Refrigeration & Air conditioning Engineering, Pukyung National University, Busan 608-738, Korea  
\*\*Department of Mechanical Engineering, Pukyung National University, Busan 608-738, Korea  
\*\*\*Department of Ecology Engineering, Pukyung National University, Busan 608-738, Korea  
\*\*\*\*Department of Refrigeration & Air conditioning Engineering, TongMyong University, Busan 608-711, Korea  
\*\*\*\*\*Busan Metropolitan City, Busan 611-735, Korea

**ABSTRACT:** Ventilation equipment performs a central role to maintain comfort subway environment. So ventilation equipment of Busan subway first line is needed to improvement thermal environment. In this study, condition of thermal environment is presented to improve ventilation equipment at existing subway station platforms by measuring thermal environment of platforms operated ventilation equipment at 14 stations of Busan subway first line. AWS of data in comparison with the neighbouring platforms and thermal environment analysis.

**Key words:** Automatic Weather System(자동기상관측소), Subway Station Platforms(지하철 승강장)

### 1. 연구배경 및 목적

도시의 과밀화로 인해 지하공간의 이용을 촉진시켰으며, 광역도시에서는 지하상가, 지하주차장, 지하철 등 다양한 지하공간이 늘어나고 있다. 이 중 지하철은 지상교통의 혼잡으로 인해, 정시성, 쾌속성, 안전성이 뛰어나다는 장점으로 우리나라에서는 1974년 8월에 개통된 서울지하철 1호선이 최초로, 8호선까지 개통되어 운행 중에 있다.

부산의 경우 1985년에 1호선이 개통되었으며, 2호선과 3호선이 운행 중에 있다.

대량수송에 따른 높은 에너지 효율, 지상 교통수단의 대체기능, 대기환경 개선책으로써 지하철이 갖고 있는 장점에도 불구하고 이용승객의 증가에 따라 지하철 내 열환경은 점차 악화되고 있으며, 냉방 및 환기시스템에 많은 비용을 요구하고 있다. 즉 운행초기에는 지하공간의 특성상 일정한 온도를 유지하여 지상보다 여름에는 시원하고 겨울에는 따뜻한 열적 특성을 가지고 있었으나, 지하철의 이용승객의 증가로, 열차운행횟수의 증대, 부대설비 등 내부발열량이 지반의 흡·방열량을 초과하게 되어 대지의 항온성, 단열성의 특징을 살린 자연적인 쾌적환경을 기대할 수 없는 지경에 이르렀다. 또한 지구온난화의 영향과 도

† Corresponding author  
Tel.: +82-51-629-6178; fax: +82-51-629-6178  
E-mail address: jskum@pknu.ac.kr

시의 열섬효과로 인해 지상의 온도는 해마다 상승하고 있으며, 이러한 영향이 지하공간의 열환경을 점점 악화시키는 원인이 되고 있다.

최근 조사<sup>1)</sup>에 의하면, 부산지하철 1호선의 경우 일부 역을 제외하면 여름철 대부분의 승강장 온도가 지상의 온도보다 높게 나타나고 있으며, 기압차, 소음, 오염물질 등이 문제가 되고 있다. 이러한 문제점은 시내버스와 지하철의 연계에 의한 증가하는 이용승객에게 불쾌감을 줄 수 있을 뿐만 아니라 지하철 이용을 꺼릴 수 있는 원인이 되어 부산교통공사가 지향하는 시민의 새로운 삶의 공간으로서의 기능은 물론 부산교통공사 자체의 지속적인 성장을 불가능하게 만들 수도 있다.

이에 본 연구에서는 부산지하철 1호선 14개역 승강장의 열환경 측정 및 관련자료<sup>2),3),4),5)</sup> 분석을 통하여 기존 지하철 승강장의 열적인 문제점을 파악하여 지하철을 이용하는 승객들에게 쾌적한 환경을 제공함과 동시에 최저의 비용으로 지하철 열환경을 개선할 수 있는 설비설계안을 제시하기 위해서 제1보에서는 실측결과를 통한 현황파악을 목적으로 하고 있다.

## 2. 연구방법 및 범위

### 2.1 연구방법

본 연구에서 측정한 승강장은 Table 1과 같으며, 측정항목은 승강장의 온도 및 습도 등이고<sup>4,5)</sup>, 불쾌지수를 계산하여 승강장내 열환경을 평가하였다. 지하철 역사의 공조설비설계 기준 중 “대합실과 승강장 구역의 냉방장치는 설계 외기조건에서 대합실은 온도 28℃, 상대습도 60%, 승강장은 온도 28℃, 상대습도 70%를 넘지 않도록 한다.”라고 되어 있다. 그러나 현재 부산 지하철 1호선의 경우는 공조설비가 완비되어 있지 않아 외기를 도입하여 단순 환기만을 하고 있다. 더욱이 Table 2와 같이 환기팬의 운전 현황을 보면 지하철 운행이 종료한 이후 야간시간대에는 환기팬 운전이 정지되고 있음을 알 수 있다.

따라서 환기를 위해 도입하는 외기의 영향을 파악하기 위해 기상청 AWS<sup>6)</sup>의 데이터를 사용하였다. 기상청 자료를 통한 비교는 AWS와 인접한 대표역사 2곳을 선정하여 역사 내 환기를 위해 도입하는 외기 온도 및 습도 등의 실시간 데

이터와 승강장 내부 온도를 비교하여 외기를 통한 승강장내 축열량 제거 가능성을 검토하였다.

### 2.2 지하철 역사 승강장 측정

본 연구에서는 개통 후 20년 이상이 경과한 3개 역사(범어사, 남산동, 부산역)와 12년 이상 경과한 11개 역사(중앙동, 남포동, 자갈치, 토성동, 동대신, 서대신, 대티, 괴정, 당리, 사하, 하단, 신평)를 측정하였다. 1에 역사 승강장의 온도 및 습도 측정을 위해 사용한 측정장비와 승강장 천장면에 부착된 모습을 나타냈다. 측정기간은 2007년 8월 20일부터 9월1일까지 총 13일간 측정을 하였고, Table 3은 부산지방 기상대에서 측정한 외기온도로서 측정역사의 측정일 외기온도를 나타내며, 본 논문에서 주 분석대상인 AWS에서 측정한 외기온도와는 다소 차이를 나타냈다. 전반적인 부산지역 외기온도 변화는 8월 28일 이전에는 최고 약 32℃ 기온을 유지하였지만, 이후에는 날씨가 흐림으로 인하여 다소 기온이 하강하였다.

Table 1 Measuring platform conditions

구간	개통일	측정대상역사
노포동-범내골	85.7.19	범어사, 남산동
범내골-중앙동	87.5.15	부산역
중앙동-서대신	90.2.28	남포동, 자갈치, 토성동
서대신-신평	94.6.23	서대신, 동대신, 대티, 괴정, 당리, 사하, 하단, 신평

Table 2 Ventilation fan running status

운전시간	오전 05:00 - 오전 0:40
운전정지	오전 0:40- 오전 05:00
운전주기	50분 가동, 30분 정지

운전시간은 시간대별 큰 차이 없음



Fig.1 Platform temperature, humidity measuring device

Table 3 Platform internal temperature and average ambient temperature measurement date

	측정 역사	평균 외기온도[°C]
8월 21일	남산동/대티/자갈치/하단	28.4
8월 24일	남포동/당리/범어사/서대신동	27.6
8월 26일	동대신동/부산역/사하	28.5
8월 29일	괴정/토성동	23.2

Table 4 AWS measurement locations in Busan

AWS 지점	고도 [m]	위치	비고
부산	69	중구 대청동1가	○
부산(레)	518	서구 서대신동3가	
영도	45	영도구 동삼동	
부산진	83	부산진구 범천동	
동래구	18	동래구 명륜동	
대연	4	남구 대연동	
북구	141	북구 구포동	
수영만	11	해운대구	
해운대	70	해운대구 좌동	
금정구	75	금정구 장전동	○
가덕도	72	강서구 대항동	
일광	12	기장군 일광면 삼성리	

Table 5 Physical symptoms of discomfort index

DI	불쾌를 느끼는 정도
68 이하	전원 쾌적
70	불쾌를 나타냄
75	10%정도 불쾌
80	50%정도 불쾌
83	전원 불쾌
86	매우 불쾌

### 2.3 AWS 측정장소와 비교지점

부산지역의 AWS는 Table 4와 같다. 총12개소 중 본 연구와 관련한 인접 장소는 중구 대청동 1가에 소재 및 금정구 장전동에 소재한 AWS지점의 측정데이터를 이용하여 역사의 형태가 유사한 남산동 역사와 괴정 역사 승강장을 서로 비교하였다. Fig. 2는 AWS로부터 입수된 자료를 나타낸 그래프 이다.

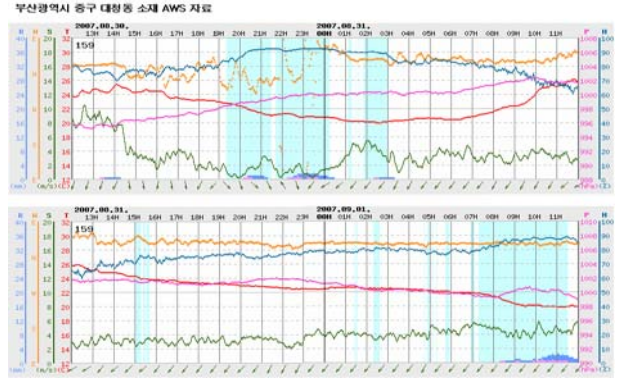


Fig. 2 AWS Data

### 2.4 역사 온열환경 평가를 위한 지표

불쾌지수(discomfort index, DI)는 Thom(1957)이 제창한 것으로서 기온과 습도의 조합으로 구성되어 있으며 일반적으로 온습도지수라고도 한다. 이 지수는 여름철 실내의 무더위의 기준으로서만 사용되고 있을 뿐 복사나 바람 조건은 포함되어 있지 않기 때문에 그 적절한 사용에는 한계가 있다는 점에 유의하여야 한다. 원래 불쾌지수는 인종에 따라 쾌감대의 범위가 달랐던 것과 같이 DI의 값에 따라 불쾌감을 느끼는 정도도 인종에 따라 약간 차이를 보이고 있다. Table 5는 불쾌지수에 따른 신체증상을 나타내고 있다.

$$DI = 0.72[Ta(°C) + Tw(°C)] + 40.6$$

Ta 건구온도[°C]

Tw 습구온도[°C]

그러나 습구온도가 관측되지 않는 기상청도 있으므로, 기상청에서는 다음 식을 이용하여 계산하며, 본 연구에서도 아래의 식을 사용하였다.

$$DI = 9/5Ta - 0.55(1 - RH)(9/5Ta - 26) + 32$$

Ta : 건구온도[°C]

RH : 상대습도

## 3. 결과 및 분석

### 3.2 승강장 열환경 측정결과 분석

Fig. 3는 남산동 역사의 승강장 내부 온도로서

측정일자는 2007년 8월 20일 오전 11시부터 8월 22일 오후 3시 47분까지 측정된 자료이다. 남산동 내부 승강장 온도 최고치는 8월 21일 오후 3시 41분경에 33.7℃이고, 최저온도는 8월 22일 오전 4시 57분경에 29.3℃로서 나타났다. 반면에 인근 AWS(금정구 장전동 소재)에서 측정된 외기 온도는 변화양상은 승강장 내부온도 변화양상과 동일함을 나타냈다. 외기온도의 변화는 승강장 내부와 달리 온도의 상승폭 및 하강폭이 크게 나타났다. 외기온도의 최고값은 36℃로 나타났고, 최저온도값은 27℃로서 온도편차가 약 9℃ 정도로 나타났다. 반면에 승강장 내부온도 편차는 약 4.4℃로 나타났다.

Fig. 4는 괴정동 역사의 승강장 내부 온도로서 측정일자는 2007년 8월 30일 오후 12시부터 9월 1일 오후 2시까지 측정된 자료이다. 남산동 역사 측정일과 달리 8월 28일부터 흐린날이 지속되어 전반적으로 온도가 낮게 나타났다. 특히 비가 내린 시간대 승강장내부의 온도가 낮게 나타나고 있고, 공조설비시 기준온도인 28℃를 유지하고 있음을 알 수 있다. 남산동 역사와 최대 최소 온도값을 비교할 때 승강장 내부 온도가 약 4℃ 정도 낮게 나타났다.

괴정역과 남산동 역사 승강장의 내부온도, 승강장내 불쾌지수, AWS온도 등을 정리하여 Table 6에 나타내었다. 이상의 측정결과를 고려할 때 승강장에서의 냉방이 시행되지 않음으로 인하여 승강장의 온열환경이 외기온도에 따라 많은 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

Fig. 5는 AWS에서 측정된 외기온도와 승강장 내부에서 측정된 내부온도의 분포를 나타낸 것으로 외기온도에 따른 승강장 내부의 온도를 추정하기 위해 회귀식을 산출하였다. 산출된 회귀식은 아래와 같다.

$$AWS\ Temp = 1.951 * Platform\ Temp - 30.815$$

회귀식을 이용하여 승강장 내부 온도를 28℃ 이하로 유지하기 위해 외기온도 한계를 구해보면 약 24℃로 나타났다. 즉 외기온도가 24℃ 이하가 되는 경우는 외기를 적극적으로 도입함으로써 승강장 내부의 온도를 낮출 수 있을 것으로 추정된다.

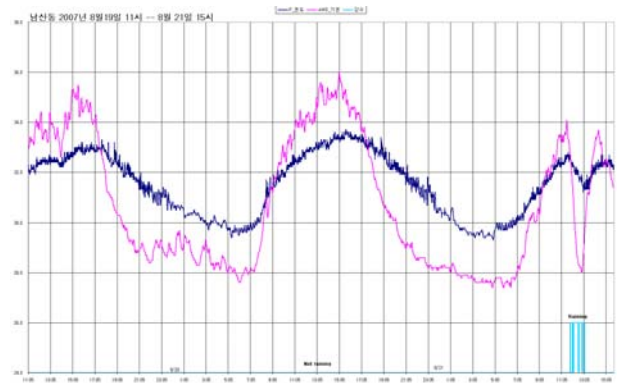


Fig. 3 Platform temperature and outdoor temperature in NamsanDong

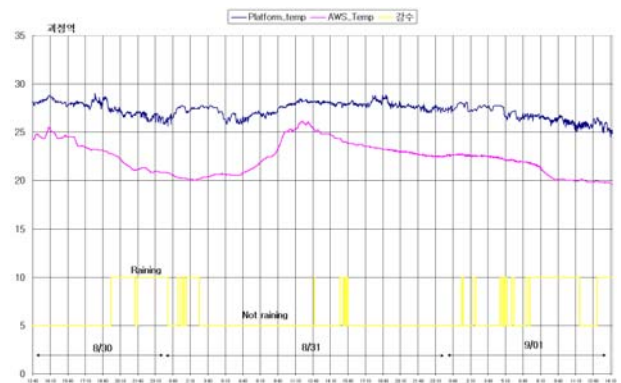


Fig. 4 Platform temperature and outdoor temperature in GoejungDong

Table 6 Thermal environmet of NamsanDong and GoejungDong platforms

		남산동 역사	괴정동 역사	
승 강 장	온 도 [°C]	Max	33.5	29.0
		Min	29.4	24.5
		Mean	31.5	27.3
	습 도 [%]	Max	75.0	74.0
		Min	54.0	57.0
		Mean	64.7	64.1
	DI	Max	84.6	78.0
		Min	80.9	73.0
		Mean	82.7	76.5
A W S [°C]	Max	36.0	26.1	
	Min	27.4	19.7	
	Mean	30.8	22.3	

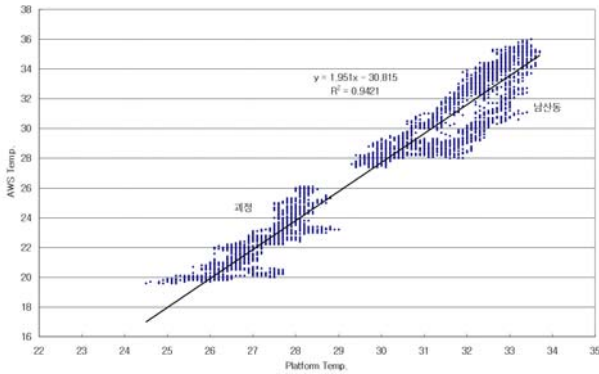


Fig. 5 Platform temperature and AWS temperature

#### 4. 결론

부산지하철 1호선 14개역을 측정된 결과 AWS 인근의 역사인 남산동 및 괴정 역사를 중심으로 외기를 도입하여 환기를 하고 있는 승강장의 온열환경 현황을 통해 아래와 같은 결론을 얻었다..

- 1) 각 역사별 건구온도의 일변화를 살펴보면 외기온의 일변화와 동일한 양상을 나타내었다.
- 2) 외기온도가 24℃이하가 되는 경우는 외기를 적극적으로 도입함으로써 승강장 내부의 온도를 낮출 수 있을 것으로 추정된다.

3) 현재 환기시스템 운전현황을 고려할 때 외기온도가 낮은 심야시간에 외기를 도입하여 승강장 내부의 축열을 제거하는 시스템을 도입하거나 외기온도에 따른 적극적 외기도입방법 및 외기예냉에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

#### 참고문헌

- 1)박성출 외 5인, “지하철 승강장 환기설비 리모델링을 위한 열환경 평가”, 대한설비공학회 부산울산경남지회 학술대회, 2007, pp.
- 2)Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE STANDARD 62 - 1989
- 3)강대식, 박중수, 송규동, 손장열, “복사열전달을 고려한 지하철 승강장의 온도 및 기류분포 해석에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표 논문집, 제17권 제2호, 1997, pp.847-852
- 4)권도환, 김남규, 이언구, “지하철 승강장의 기류분포 특성에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표 논문집, 제17권 제2호, 1997, pp.781-788
- 5)HVAC Applications Chapter 34. Testing, Adjusting and Balancing, 1991 ASHRAE HANDBOOK
- 6)Procedural Standard for Testing, Balancing, Adjusting of Environmental System
- 7)[http://www.kma.go.kr/sfc/sfc\\_05\\_01.jsp](http://www.kma.go.kr/sfc/sfc_05_01.jsp)